植物分类学报 38(1):30~42(2000)
Acta Phytotaxonomica Sinica

叶表皮及种皮特征在黄精族系统学研究中的应用*

吕海亮 吴世安 杨继 饶广远**
(北京大学生命科学学院 北京 100871)

A systematic study on the trib. Polygonateae (Liliaceae *s.l.*) with reference to the evidence from leaf abaxial epidermis and seed coat

LÜ Hai-Liang WU Shi-An YANG Ji RAO Guang-Yuan**
(*College of Life Sciences, Peking University*, Beijing 100871)

Abstract The morphological features of leaf abaxial epidermis and micromorphological features of testa were observed in the tribe Polygonateae (Liliaceae, *s.l.*). Seventy nine species from 7 genera of Polygonateae and 15 species from 12 genera of related tribes were examined with light microscope and SEM. In Polygonateae, the features of leaf and seed coat showed diversity in the genera *Polygonatum* and *Smilacina*. According to the characteristics of the leaf abaxial epidermis and seed coat, *Polygonatum* could be roughly categorized as two groups. One was characterized by the irregular shape and the sinuate anticlinal wall of epidermal cells and the shallow pits on the testa, the other was characterized by the rectangular or rhombic shape and the straight anticlinal wall of epidermal cells and the ridge and reseau on the seed coat. In some plants of the two groups, the anticlinal wall of epidermal cells was found to be curved rather than sinuate, and might be of an intermediate nature. The leaf epidermis and seed coat showed common features among *Disporopsis*, *Smilacina* and *Polygonatum*. The seed coat of *Maianthemum* was found to be of the same features as that of *Smilacina stellata* and *S. trifolia*. *Disporum* possessed uniform leaf epidermical features, but the species distributed in eastern Asia showed different features of seed coat from those in North America. The features of leaf epidermis and seed coat were uniform within the genus *Streptopus*. *S. ovalis* was indistinguishable from other species in the genus in the features of leaf epidermis and testa, thus its position in the genus was confirmed. *Streptopus*, *Disporum* and *Clintonia* were quite different from the remaining genera in the Polygonateae in the features of leaf epidermis and testa. The first two genera showed resemblance to *Tricyrtis* and *Uvularia* of Uvulariaceae, and thus Dahlgren's viewpoint that they should be moved to Uvulariaceae was corroborated. Among the outgroups studied, only *Convallaria* showed similarity to Polygonatae in the features of leaf epidermis and testa.
Key words Polygonatae; Systematics; Leaf epidermis; Seed coat

摘要 通过光学显微镜和扫描电子显微镜对黄精族 trib. Polygonateae 7 属 79 种以及相关类群 12 属 15 种的叶下表皮形态及种皮微形态进行了观察。结果表明广义黄精族植物的叶表皮形态和种皮形态可分别分为 4 种类型和 6 种类型。在黄精族中,鹿药属 *Smilacina* 和黄精属 *Polygonatum* 的叶表皮和种皮特征在属内表现出一定的多样性,据此可将黄精属植物分为两类:第一类多表现为叶表皮细胞形状不规则,其

* 国家自然科学基金资助项目 39500011。
** 通讯联系人。Author for correspondence.
1998-10-29 收稿,1998-12-08 收修改稿。

垂周壁为波曲形或无皱褶但弯曲，种皮表面浅穴状；另一类叶表皮细胞形状为长方形或菱形，其垂周壁直或无皱褶但弯曲，种皮表面具脊状突起或网状结构。其中，叶表皮细胞垂周壁无皱褶但弯曲为过渡类型，在两类植物中均有表现。本研究结果还显示出竹根七属 *Disporopsis* 和黄精属的互叶类以及鹿药属同具有波状垂周壁的叶表皮细胞和穴型种皮。舞鹤草属 *Maianthemum* 和鹿药属的 *S. stellata*，*S. trifolia* 等的种皮特征相似。万寿竹属 *Disporum* 的叶表皮特征在属内表现得相当一致，但种皮特征在东亚分布的种和北美分布的种之间区别明显。扭柄花属 *Streptopus* 叶表皮和种皮特征在属内没有分化。卵叶扭柄花 *S. ovalis* 的叶表皮和种皮特征与属内其它种之间没有区别，确证了它在本属中的位置。扭柄花属、万寿竹属、七筋菇属 *Clintonia* 与黄精族其它类群差别较大，但前两者与 Uvulariaceae 科的油点草属 *Tricyrtis* 和细钟花属 *Uvularia* 较为接近，从而支持了 Dahlgren 将其移至 Uvulariaceae 的观点。而在与外类群的关系中，铃兰族的铃兰属 *Convallaria* 与黄精族具相近的叶表皮和种皮特征。

关键词 黄精族；系统学；叶表皮；种皮

黄精族 trib. Polygonateae 是分类上比较困难的类群。由于种类多，分布范围广，且族内属间关系及其与邻近族间的系统关系不很明确，故而不同分类系统中黄精族的范围及其所包含的类群差异较大(Tukhtajan, 1987, 1980; Dahlgren *et al*. 1985; Hutchinson, 1973; Krause, 1930; Engler, 1888* ; Bentham & Hooker, 1883*) (* cf. Shinwari, 1994a)。以 Krause (1930)系统为例，他认为黄精族应包括 *Clintonia*, *Disporum*, *Disporopsis*, *Drymophila*, *Maianthemum*, *Oligobotrya*, *Polygonatum*, *Streptopus* 和 *Smilacina*。其中 *Clintonia*, *Disporum* 和 *Smilacina* 是东亚-北美间断分布的属；*Maianthemum*, *Polygonatum* 和 *Streptopus* 是北温带分布的属；*Drymophila* 则主要分布在澳洲东部；*Oligobotrya* 是 Baker 于 1886 建立的属，后被汪发缵和唐进(1954)并入 *Smilacina* 中(cf. 汤彦承，1978)。尽管在此后的一些系统中(Takhtajan, 1987, 1980; Hutchinson, 1973)，黄精族的范围有所不同，但多将 *Clintonia*, *Disporum*, *Streptopus*, *Polygonatum*, *Disporopsis*, *Smilacina* 和 *Maianthemum* 作为本族的成员，只有 Dahlgren *et al*. (1985)根据一些胚胎学特征、蜜腺类型及缺乏草酸盐针晶等把 *Clintonia*, *Disporum* 和 *Streptopus* 从黄精族中分出，移至 Uvulariaceae 科中。同时他们还将 *Drymophila* 转隶至分布于南半球的 Luzuriagaceae 科。这样，Dahlgren *et al*. (1985)系统中黄精族的范围大大缩小。

国内外不少学者曾从形态学、染色体核型、孢粉学以及分子系统学方面对黄精族及其相关类群进行过研究(Fuduhara *et al*., 1994; Rao *et al*., 1994; Shinwari *et al*., 1994a, 1994b; Conover, 1991; 戴伦凯等，1991; 李恒，1990; 马黎明等，1990; Hara, 1988, 1987; Conran, 1987; LaFrankie, 1986)。从现有的资料看，关于黄精族的系统位置、界限以及族内各属间系统关系，至今尚无统一的认识。

本文以 Krause(1930)系统中黄精族 7 属 79 种、铃兰族 5 属 5 种、沿阶草族 3 属 3 种、Uvularieae 族 1 属 4 种、Tricyrteae 族 1 属 1 种、Luzuriageae 族 1 属 1 种植物及被认为是现存单子叶植物的姐妹群的菖蒲 *Acorus calamus* (Duvall *et al*., 1993)为材料，对它们的叶表皮形态及部分植物的种皮微形态进行显微观察、分析，以期为黄精族的系统学研究提供更丰富的资料。对叶表皮特征的系统学意义曾有争议(Baronova, 1987; Wilkinson, 1979; Stebbins & Khush, 1961)，但近来它在探讨植物系统与进化方面的意义已引起一些植物系统学家的注意(Stuessy, 1990; Stace, 1984; Payne, 1979)。有关黄精族植物叶表皮和种皮微形

态方面的研究尚未见系统报道。Conover(1991)通过对百合超目(sensu Dahlgren *et al*., 1985) 38属63种植物叶表皮变异式样的研究,认为气孔器保卫细胞的长度具有一定的系统学意义。本文拟通过对黄精族及其相关类群叶表皮和种皮微形态特征的比较分析,以便为阐明该族中有争议的问题,如族的范围、属间关系以及属内种间的关系等提供相关资料。

1　材料和方法

研究材料分别取自腊叶标本及移栽于北京大学生命科学学院温室的活材料,材料来源见表3。

叶片观察:取用自茎顶端倒数第3片叶,在其中部剪取1 cm×0.5 cm小块若干,放在1%～5%NaClO处理6～10 h,待叶片发白后取出将下表皮撕下,番红或苏木精染色,然后制成永久封片。在Olympus BH-2显微镜下观察并照相。

种皮观察:成熟果实用4%的NH_4OH软化24～48 h,然后将果皮剥离,用20%NaClO处理种子以去除种皮上粘附的果肉组织,取出后用毛笔刷去种皮表面的杂质,梯度酒精脱水、干燥,再将种子用双面胶粘贴于铜台上,喷镀后在Hitachi S-800扫描电子显微镜下观察并照相。

2　观察结果

通过对黄精族内黄精属和鹿药属一些广布种多个样点植株的叶表皮和种皮微形态的观察分析,发现叶表皮和种皮微形态特征在种内变异不大,是比较稳定的,因而可用于系统学研究。根据对黄精族7属79种植物叶表皮和种皮微形态特征的观察结果,可将叶表皮形态分成4种类型和4种亚型(见表1)。种皮微形态划分为6种类型和2种亚型(见表2)。从它们在黄精族植物中的分布情况来看,叶表皮和种皮特征在族内有些属中分化不大,表现出较强的一致性,而在另一些属中则存在明显的种间差异(见表3)。

表1　黄精族及其近缘属叶表皮形态类型*

Table 1　Types of leaf epidermal morphological features in Polygonatae and related genera*

types of leaf epidermal morphology		features	
Ⅰ	a	straight anticlinal wall of leaf epidermis	rectangular or polygonal and isodiametric epidermal cell(Plate Ⅰ:5)
	b		rectangular epidermal cell, extremely extended along rhachis(Plate Ⅱ:10)
	c		rectangular or rhombic epidermal cell, extended along rhachis(Plate Ⅰ:3,10. Plate Ⅱ:3,5,6)
	d		rectangular or rectangloid epidermis cell, the end walls of neighboring cells paralleling with guard-cell are oblique, which are distinct from other epidermal cells(Plate Ⅰ:11. Plate Ⅱ:7,8,12)
Ⅱ		irregular epidermal cells with rounded anticlinal wall(Plate Ⅰ:2,4. Plate Ⅱ:13)	
Ⅲ		irregular epidermal cells with undulate anticlinal wall(Plate Ⅰ:1,6,7,8,9. Plate Ⅱ:1,2,4,9,11)	
Ⅳ		stomata are distributed on the leaf surface as stripes(戴伦凯等,1991)	

* Note: the terminology of Dilcher (1974) was referred to on the types of leaf epidermis morphology.

黄精属 *Polygonatum*,约有40种(汤彦承,1978),广布于北半球,从亚热带到近极地均有分布。该属植物的叶表皮特征分属3种类型(Ⅰb,Ⅱ,Ⅲ),同时具有3种类型的种皮特征(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)。综合叶表皮和种皮特征可将本属植物分为两类:第一类多表现为叶表皮细胞形状不规则,垂周壁为波曲形或无皱褶但弯曲(图版Ⅰ:1, 2),种皮表面浅穴状

(图版Ⅲ:1, 2);另一类叶表皮细胞形状为长方形或菱形,垂周壁直或无皱褶但弯曲(图版Ⅰ:3),种皮表面具脊状物(图版Ⅲ:3, 4)或具网状结构(图版Ⅲ:5, 7)。尽管根据叶表皮和种皮特征可将黄精属植物划分为两类,但仍有少数种类的叶表皮和种皮特征处于中间或交叉状态,很难将它们明确归于某一类。如 *P. punctatum* 和 *P. sibiricum* 中具第二类植物的叶表皮特征和第一类植物的种皮特征,同时其种皮细胞的轮廓也很明显(图版Ⅲ:6)。保卫细胞的长度在本属中无明显变异规律。

表2　黄精族及其近缘属种皮微形态类型

Table 2　Types of seed coat micro-morphological features in Polygonateae and related genera

<table>
<tr><th colspan="2">types of seed coat micro-morphology</th><th colspan="2">features</th></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅰ</td><td colspan="2">scattered shallowly pitted structure(PlateⅢ:1,2,6,8,9,15. PlateⅣ:5,10)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅱ</td><td colspan="2">ridged structure(PlateⅢ:3,4. PlateⅣ:11,13)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅲ</td><td colspan="2">reticulate structure(PlateⅢ:5,7)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ⅳ</td><td>a</td><td rowspan="2">distinct contour of testa cell</td><td>with grooves similar to brain fold(PlateⅢ:11,12,13. PlateⅣ:12,14,15)</td></tr>
<tr><td>b</td><td>without grooves similar to brain fold(PlateⅢ:10,14)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅴ</td><td colspan="2">Apparent contour of testa cells is rectangular narrowband. Tens of testa cells comprise a region in which cells arrange regularly. The borders between regions are lucid. (PlateⅣ:2,3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ⅵ</td><td colspan="2">There are grooves on the seed surface. On the ridges of seed surface, outline of testa cells arranges orderly. (PlateⅣ:6,7,8,9)</td></tr>
</table>

竹根七属 *Disporopsis* 有5种,其中金佛山竹根七 *D. jinfushanensis* Z. Y. Liu 是刘正宇1987年描述的1新种,仅分布于四川南川金佛山。本属植物的叶表皮和种皮特点类似于黄精属的第一类,并且金佛山竹根七的叶表皮细胞形状近于等径的多边形,细胞垂周壁直,与其它几种区别明显(图版Ⅰ:5)。

鹿药属 *Smilacina* 约有25种,主要分布于北温带。本属植物的叶表皮和种皮特征变异较大,与黄精属植物具有许多共同特征(图版Ⅱ:2, 3, 4)。其中,金佛山鹿药 *S. ginfoshanica* Wang et Tang 的叶表皮细胞为长方形,沿叶轴方向伸长(图版Ⅱ:4),与本属其它种区别非常明显。*S. stellata*、*S. tubifera* 和 *S. trifolia* 具Ⅰa类型叶表皮(图版Ⅱ:5, 6)和Ⅵ型的种皮形态(图版Ⅲ:12, 14),表现较为一致, 而且其保卫细胞长度相对较短。另外,西南鹿药 *S. fusca* 的种皮特征比较特殊(图版Ⅳ:1),是本属中唯一具脊状结构的种。

万寿竹属 *Disporum*(*s. l.*) 约有23种,主要分布在东亚和北美。分布在东亚的种隶属 sect. *Eudisporum* 组,而北美的则属 sect. *Prosartes* 组(Jones, 1951)。该属植物的叶表皮形态均呈Ⅲ型 (图版Ⅰ: 7, 8),较为一致。北美种和东亚种的叶表皮特征区别并不明显,但保卫细胞长度有一定区别,东亚的物种保卫细胞普遍长于北美种(Conover, 1991)。从种皮形态来看,北美种类,如 *D. smithii*,其种皮为穴状与东亚种区别明显(图版Ⅳ: 5);东亚种的种皮特征较为一致(图版Ⅳ: 2, 3, 4)。

扭柄花属 *Streptopus* 约有10种,广布于北温带。该属植物的种皮特征表现出特别的一致性均为Ⅵ型。叶表皮形态为类型Ⅲ(图版Ⅰ:8, 9)和类型Ⅰ,后一种类型的叶表皮只存在于 *S. simplex* 和 *S. obtusatus* (图版Ⅰ: 10)。

七筋菇属 *Clintonia* 植物的叶表皮细胞狭长,垂周壁直,与族内其它属区别较大(图版Ⅱ: 10)。

表3 叶表皮形态类型和种皮微形态类型在黄精族及近缘属中的分布*
Table 3 Distribution of the types of leaf epidermal morphological features and seed coat micro-morphological features in Polygonatae and related genera*

实验材料名录 Species examined	表皮细胞壁的类型 Type of epidermal cell wall	保卫细胞长度 length of guard cell(μm)	保卫细胞长度等级 rank of length of guard cell	种皮类型 Type of the seed coat	采集地 locality	凭证标本 Vouchers
Clintonia udensis	Ⅰb (Plate Ⅱ:10)	46	L	Ⅱ	四川峨眉山 Mt. Emei, Shichuan	关克俭 K. C. Kuan 4965(PEY)
Smilacina atropurpurea	Ⅲ	54	L	Ⅰ	云南大关县 Daguan, Yunnan	s. coll. 550(KUN)
S. dahurica	Ⅲ	40.6	ML		吉林省和龙县 Helong, Jilin	s. coll. 939(WUK)
S. formosana	Ⅲ	49	L		Mt. Taiheizan, Taiwan	S. Suzuki 560(PE)
S. forrestii	Ⅲ	49.9	L		云南丽江 Lijiang, Yunnan	王启无 C. W. Wang 71175(WUK)
S. fusca	Ⅲ	60.9	L	Ⅱ(Plate Ⅳ:1)	云南云龙 Yunlong, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710015(PEY)
S. henryi	Ⅲ	46.7	L	Ⅳa(Plate Ⅲ: 11)	云南中甸 Zhongdian, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710007(PEY)
S. henryi var. *szechuanica*	Ⅲ	46.5	L		云南永善县 Yongshan, Yunnan	蔡希陶 H. T. Tsai 51083(KUN)
S. japonica	Ⅲ(Plate Ⅱ:4)	46.5	L	Ⅰ(Plate Ⅲ: 15)	北京东灵山 Mt. Dongling, Beijing	吕海亮 H. L. Lü s.n.(PEY)
S. lichiangensis	Ⅲ	42.2	ML		四川冕宁县 Mianning, Shichuan	朱水法 S. F. Zhu 29398 (PE)
S. ginfoshanica	Ⅰc(Plate Ⅱ:3)	54.4	L		四川金佛山 Mt. Jingfu, Shichuan	刘正宇 Z. Y. Liu s.n.(PEY)
S. oleracea	Ⅲ	55.1	L	Ⅳa (Plate Ⅲ:13)	云南贡山 Gongshan, Yunnan	s. coll. 10016 (KUN)
S. paniculata	Ⅲ	54.2	L	Ⅰ	四川峨眉山 Mt. Emei, Shichuan	关克俭 K. C. Kuan 1710 (WUK)
S. purpurea	Ⅲ	46.8	L	Ⅰ	云南中甸 Zhongdian, Yunnan	K. M. Feng 1170 (KUN)
S. racemosa	Ⅲ	39.6	ML	Ⅲ	USA: Pennsylvania, Westmoreland county	F. H. Utech and M. Ohara 83-5248 (PE)
S. scilloidea	Ⅲ	52.5	L	Ⅳa	Mexico: Oaxaca	L. R. Landrum, H. W. Li, T. S. Ying & O. R. Dorada R. 3306 (PE)
S. stellata	Ⅰc	38.9	ML	Ⅳb(Plate Ⅲ: 14)	USA: Michigan, Delta county	F. H. Utech 87-626 (PE)
S. trifolia	Ⅰc	38.3	ML		吉林省漫江镇 Manjiang, Jilin	s. coll. 153 (WUK)
S. tubifera	Ⅰc	35.3	ML	Ⅳa(Plate Ⅲ:12)	四川峨眉山 Mt. Emei, Shichuan	邢公侠 K. H. Xing 128 (WUK)
Maianthemum bifolium	Ⅲ(Plate Ⅱ:1)	38.7	ML	Ⅳb(Plate Ⅲ:10)	北京东灵山 Mt. Dongling, Beijing	吕海亮 H. L. Lü s.n. (PEY)
Disporum bodinieri	Ⅲ	54.5	L	Ⅴ(Plate Ⅲ:3)	四川峨眉山 Mt. Emei, Shichuan	田景 J. Tian 11 (PEY)
D. brachystemon	Ⅲ	63.2	L		云南禄劝县 Luquan, Yunnan	毛品一 P. Y. Mao 1401 (WUK)
D. calcaratum	Ⅲ	44.6	L		云南景洪县 Jinghong, Yunnan	吉占和 Z. H. Tsi 360 (PE)
D. cantoniense	Ⅲ(Plate Ⅰ:7)	63.9	L	Ⅴ	陕西沔县 Mianxian, Shaanxi	姜恕 S. Tsian 29 (WUK)

实验材料名录 Species examined	表皮细胞壁的类型 Type of epide-rmal cell wall	保卫细胞长度 length of guard cell(μm)	保卫细胞长度等级 rank of length of guard cell	种皮类型 Type of the seed coat	采集地 locality	凭证标本 Vouchers
D. hainanense	Ⅲ	67.3	VL		海南保亭 Bongting, Hainan	s.coll. 3120 (PE)
D. langinosum	Ⅲ	46.1	L		USA: Georgia, Rabwin Co.	H. Koyama, D. E. Boufford & E. W. wood 6559 (PE)
D. longistylum	Ⅲ	31.2	M		四川南川 Nanchuan, Shichuan	陈心启 S. C. Chen 2080 (PE)
D. megalanthum	Ⅲ	65.8	VL	Ⅴ	陕西雩县 Yuxian, Shaanxi	郭本兆 P. C. Kuo 688 (WUK)
D. sessile	Ⅲ	57.8	L	Ⅴ(Plate Ⅳ: 2)	河南商城 Shangcheng, Henan	s.coll.154 (WUK)
D. smilacinum	Ⅲ	41.3	ML		河北 Hebei	s.coll. 3051 (PE)
D. smithii	Ⅲ(Plate Ⅰ: 6)	40.3	ML	Ⅰ(Plate Ⅳ: 5)	USA: Oregon, Gorge Co.	贺善安 S. A. He 1707 (PE)
D. trabertulatum	Ⅲ	55.0	L	Ⅴ(Plate Ⅳ:4)	云南麻栗坡 Malipo, Yunnan ; Szetaipo	K. M. Feng 13918 (WUK)
D. uniflorum	Ⅲ	64.5	L		四川石棉县 Shimian, Shichuan	谢朝俊 C. J. Xie 40066 (PE)
D. viridescens	Ⅲ	42.1	ML	Ⅴ	辽宁省岫岩县 Xiuyan, Liaoning	王薇 W. Wang 1431 (PE)
Streptopus amplexifolius	Ⅲ	40.5	ML	Ⅵ	USA: CA, Del Norte Co.	F. H. Utech 78-266 (PE)
S. koreanus	Ⅲ(Plate Ⅰ: 8)	46.5	L	Ⅵ	吉林长白山 Mt. Changbai, Jilin	王薇 W. Wang 2237 (WUK)
S. obtusatus	Ⅰc(Plate Ⅰ: 10)	59.4	L	Ⅵ	四川茂县 Maoxian, Shichuan	何铸 Z. He 13346 (PE)
S. ovalis	Ⅲ(Plate Ⅰ:9)	52.5	L	Ⅵ(Plate Ⅳ: 8)	辽宁省本溪 Benxi, Liaoning	林长春 C. C. Lin 1347 (PE)
S. parviflorus	Ⅲ	49	L	Ⅵ(Plate Ⅳ: 6)	四川洪溪 Hongxi, Shichuan	管中天 C. T. Kuan 9062 (PE)
S. roseus var. *perspectus*	Ⅲ	43.7	L	Ⅵ(Plate Ⅳ: 9)	USA: Vermont, Caledonia Co.	Frand C. Seymour 18888 (PE)
S. simplex	Ⅰc	54.7	L	Ⅵ	云南省中甸 Zhongdian, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710009 (PEY)
S. streptopoides var. *japonicus*	Ⅲ	49.9	L	Ⅵ(Plate Ⅳ:7)	Japan: Lake Karikomiko	H. Ohashi, H. ohba, Y. Tateishi, J. Murata et S. Akiyama 1409 (PE)
Polygonatum acuminatifolium	Ⅲ(Plate Ⅰ)	37.4	ML		吉林省长白山 Mt. Changbai, Jilin	s.coll. 6791508 (PEY)
P. biflorum	Ⅲ	30.3	M	Ⅰ(Plate Ⅲ: 2)	USA: Missouri, Jefferson Co.	Peter H. Raven 27276 (PE)
P. canaliculatum	Ⅲ	47.5	L		USA: Wisconsin, Jefferson Co.	M. Nee 21978 (PE)
P. cathcartii	Ⅱ	33.7	M	Ⅰ	云南贡山县 Gongshan, Yunnan	K. M. Feng s.n. (PEY)
P. cirrhifolium	Ⅰc	32.6	M	Ⅲ	陕西凤县 Fengxian, Shaanxi	刘继孟 K. M. Liu 10628 (WUK)
P. curvistylum	Ⅱ	42.8	L	Ⅱ	四川康定县 Kangding, Shichuan	关克俭 K. C. Kuan 268 (PEY)

实验材料名录 Species examined	表皮细胞壁的类型 Type of epide-rmal cell wall	保卫细胞长度 length of guard cell(μm)	保卫细胞长度等级 rank of length of guard cell	种皮类型 Type of the seed coat	采集地 locality	凭证标本 Vouchers
P. cyrtonema	Ⅱ	35.9	ML	Ⅰ(Plate Ⅲ: 1)	陕西省镇坪县 Zhenping, Shaanxi	饶广远 G. Y. Rao s.n. (PEY)
P. filipes	Ⅲ	35.4	ML	Ⅰ	江西武功山 Mt. Wugong, Jiangxi	s.coll. 1348 (PEY)
P. franchetii	Ⅰc	35.6	ML	Ⅱ	湖南龙山县 Longshan, Hunan	刘林翰 L. H. Liu 1611 (PE)
P. gracile	Ⅱ	29.7	M	Ⅱ(Plate Ⅲ:3)	山西阳泉 Yangquan, Shanxi	包士英 S. Y. Bao 2174 (PE)
P. hookeri	Ⅰc	42.2	ML	Ⅲ(Plate Ⅲ: 5)	云南德钦县 Deqen, Yunnan	王启无 C. W. Wang 69438 (PEY)
P. humile	Ⅲ	32.8	M		吉林长白山 Mt. Changbai, Jilin	王薇 W. Wang 1029 (PE)
P. inflatum	Ⅱ	28.6	M	Ⅰ	吉林省胶河县 Jiaohe, Jilin	傅沛云 P. Y. Fu 2252 (PEY)
P. involucratum	Ⅲ	32.3	M	Ⅰ	河南嵩县 Songxian, Henan	s.coll. 35964 (WUK)
P. kingianum	Ⅱ(Plate Ⅰ: 2)	39.4	ML	Ⅱ	云南省双江县 Shuangjiang, Yunnan	辛景三 J. S. Xin 1126 (KUN)
P. lasianthum	Ⅱ	37.4	ML		Yamato: Inter Kashiwagi et Konodani-gnwa.	Ga. Muraca et K. Iwatsuke s.n. (PE)
P. latifolium	Ⅲ	30.8	M		Ucrainicae: Ditio Vinnitziensis distr. Obodovskiensis	Z. Katina s.n. (PE)
P. longitubum	Ⅱ	30.1	M		Northwestern China	s.coll. 3057 (PEY)
P. macropoium	Ⅱ	35.6	ML	Ⅰ	河北涧溪 Jianxi, Hebei	s.coll. 2900 (PEY)
P. megaphyllum	Ⅲ	25.6	M		甘肃省兴隆山 Mt. Xinglong, Gansu	s.coll.s.n. (PEY)
P. multiflorum	Ⅲ	29.9	M		Austria: Niederoster-reich Perchtoldsdorf	De-Yuan Hong s.n. (PE)
P. nodosum	Ⅱ	29.1	M		四川金佛山 Mt. Jingfu, Shichuan	吕海亮 H. L. Lü 97002 (PEY)
P. odoratum	Ⅱ	30	M	Ⅰ	陕西秦岭 Mt. Qinling, Shaanxi	饶广远 G. Y. Rao s.n. (PEY)
P. oppositifolium	Ⅰc	31	M		西藏聂拉木县 Nielamu, Xizang	张永田 Y. T. Chang 3192 (PE)
P. pratii	Ⅰc	39.1	ML		云南大理 Dali, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710019 (PEY)
P. pubescens	Ⅲ	31.7	M		USA: Ohio, Octowa Co.	Marjorie A. Miller 24 (PE)
P. punctatum	Ⅰc(Plate Ⅰ:3)	36.9	ML	Ⅰ(Plate Ⅲ: 6)	云南昆明西山 Kunming, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710025 (PEY)
P. roseum	Ⅰc	33.5	M	Ⅰ	新疆沙湾县 Sawan, Xinjiang	关克俭 K. C. Kuan 2259 (PE)
P. sibiricum	Ⅱ	31.4	M	Ⅱ	河北昌平县 Changping, Hebei	张敬 J. Zhang 2041 (PEY)
P. stenophyllum	Ⅱ	29.7	M	Ⅲ	内蒙古呼伦贝尔 Hulunbeier, Inner Mongolia	傅沛云 P. Y. Fu 1920 (PE)

实验材料名录 Species examined	表皮细胞壁的类型 Type of epide-rmal cell wall	保卫细胞长度 length of guard cell(μm)	保卫细胞长度等级 rank of length of guard cell	种皮类型 Type of the seed coat	采集地 locality	凭证标本 Vouchers
P. verticillatum	Ⅰc	38.1	ML	Ⅲ	云南中甸 Zhongdian, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710006 (PEY)
P. zanlansianense	Ⅰc	32	M		湖北巴东县 Badong, Hubei	陈叔龙 S. L. Chen 1926 (PE)
Disporopsis aspera	Ⅱ	53.1	L	Ⅰ(Plate Ⅲ: 10)	四川南川 Nanchuan, Shichuan	吕海亮 H. L. Lü 97008 (PEY)
D. fuscopicta	Ⅱ	55.3	L	Ⅰ(Plate Ⅲ: 8)	四川南川 Nanchuan, Shichuan	吕海亮 H. L. Lü 97007 (PEY)
D. jinfushanensis	Ⅰa(Plate Ⅰ: 5)	64.1	L		四川南川 Nanchuan, Shichuan	吕海亮 H. L. Lü 97003 (PEY)
D. longifolia	Ⅱ	53.3	L		云南屏边 Pingbian, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü 9710024 (PEY)
D. pernyi	Ⅱ	51	L		四川南川 Nanchuan, Shichuan	吕海亮 H. L. Lü 97009 (PEY)
Convallaria majalis	Ⅱ(Plate Ⅱ:13)	19.8	M	Ⅰ(Plate Ⅳ: 10)	山西异城 Yicheng, Shanxi	刘心源 X. Y. Liu 20308 (PE)
Reineckia carnea	Ⅰd(Plate Ⅰ: 11)	36.6	ML		云南昆明 Kunming, Yunnan	刘慎谔 T. N. Liou 4824 (PE)
Rohdea japonica	Ⅰd	47.5	L		云南景东无量山 Mt. Wuling, Jingdong, Yunnan	吕海亮 H. L. Lü s.n. (PEY)
Tupistra chinensis	Ⅰd(Plate Ⅱ: 12)	60.9	L	Ⅱ(Plate Ⅳ: 11)	湖北云思 Yuns, Hubei	李洪均 H. J. Li 5244 (PEY)
Aspidistra hainanensis	Ⅰd(Plate Ⅱ:8)	34.6	ML		香山栽培 Cultivated in Beijing Botanic Garden	郎楷永 K. Y. Lang 2997 (PE)
Liriope spicata	Ⅳ	24.5	M	Ⅱ(Plate Ⅳ: 13)	广东速县 Xuxian, Guangdong	谭沛祥 P. C. Tan 59699 (PE)
Ophiopogon japonicus	Ⅳ	31.5	M	Ⅳa(Plate Ⅳ: 14)	四川金佛山 Mt. Jinfu, Shichuan	李国胤 G. Y. Li 65054 (PE)
Peliosanthes macrostegia	Ⅰb	31	M	Ⅳa(Plate Ⅳ: 15)	海南陵水县 Lingsui, Hainan	黄志 Z. Huang 83707 (PE)
Tricyrtis bakeri	Ⅲ(Plate Ⅱ: 11)	68	VL	Ⅳa(Plate Ⅳ: 12)	安徽黄山 Mt. Huangshan, Anhui	T. N. Liou 2469 (PEY)
Uvularia floridana	Ⅲ	38.5	ML		USA: Florida, Jackon Co.	F U. Utech 77- 1019 (PE)
U. grandiflora	Ⅲ	36.3	ML		USA: Iowa, Delaware Co.	W. Hess 4887 (PE)
U. perfoliata	Ⅲ	40	ML		USA: North Carolina, Seain Co.	H. Koyama *et al*. 69711980 (PE)
U. sessilifolia	Ⅲ(Plate Ⅱ: 9)	34.4	M		USA: Vermont, Washington Co.	D. E. Boufford & E. W. Wood 23007 (PE)
Acorus calamus	Ⅰd(Plate Ⅱ: 7)	23.7	M		云南省丽江 Lijian, Yunnan	s. coll. 22258 (KUN)
Luzuriaga latifolia	Ⅰa	23.2	M		Guinea	H. F. Sun 1841 (PE)

* 注：保卫细胞长度等级参考 Conover(1991)的标准：small(S) < 12 μm; medium small(MS) = 12 ~ 19 μm; medium(M) = 20 ~ 34 μm; medium large(ML) = 35 ~ 42 μm; large(L) = 43 ~ 65 μm; very large(VL) > 65 μm。在凭证标本一栏中，顺序依次为采集人，标本号和标本存放地。

Note: the criteria of Conover(1991) is referred on rank of length of guard cell, small(S) < 12 μm, medium small(MS) = 12 ~ 19 μm, medium(M) = 20 ~ 34 μm, medium large(ML) = 35 ~ 42 μm, large(L) = 43 ~ 65 μm, very large(VL) > 65μm. The column of vouchers is arranged in order of collector, No. of specimen and herbarium.

Uvularia 属植物有5种,分布于东北美洲。从加拿大的魁北克(Quebec)和安大略(Ontario),西至美国的明尼苏达(Minnesota),南至佛罗里达(Florida)和密西西比(Mississippi)均有分布。该属叶表皮类型均为类型Ⅲ,保卫细胞长度较短(图版Ⅱ:9)。

3 讨 论

3.1 黄精族内属间的关系

实验结果表明竹根七属无论是叶下表皮(图版Ⅰ: 4,5)或种皮特征(图版Ⅲ: 8,9)都与黄精属的互叶类型相似, 这与得自其它形态学特征如茎不分枝、花或花序腋生、花瓣的脉序(未发表的资料)等的结论是一致的。另外,分子生物学的证据也表明二者之间的系统关系较近(Shinwari *et al*.,1994a)。舞鹤草属和鹿药属曾因其都具有不分枝的茎、顶生总状或圆锥花序、内向型花药、隔膜蜜腺以及独特的染色体核型等特征而被 LaFrankie (1986)归并在一起。本文研究结果表明舞鹤草属植物的叶表皮和种皮特征(图版Ⅲ:10)与鹿药属的 *Smilacina tubifera* 和 *S. stellata*(图版Ⅲ: 12, 14)有较多的相似性, 这亦表明二者间存在着较近的系统关系。鹿药属与黄精属之间在叶表皮和种皮特征上彼此存在着对应类型,如都具穴状种皮(图版Ⅲ:1, 2, 15)和Ⅲ型叶表皮等(图版Ⅰ:1. 图版Ⅱ: 2, 4),此外,从植物形态上看,二者都具内向型花药、茎不分枝、具隔膜蜜腺,说明两者关系较近。Conran(1987) 认为 Dahlgren 系统中的百合目 Liliales 植物以其叶表皮细胞的细胞壁呈波状及外种皮的细胞轮廓清晰可见为特点。本研究结果表明 *Disporum* 和 *Streptopus* 植物其叶表皮的垂周壁均为波曲状(图版Ⅰ:6, 7, 8, 9. 图版Ⅱ: 9, 11),种皮表面也不同程度地显现出细胞轮廓(图版Ⅳ: 2, 3, 7, 12),与 *Uvularia* 和 *Tricyrtis* 属植物的叶表皮和种皮特征非常相近,因此说明 *Disporum*、*Streptopus* 和百合目中的类群有较紧密的联系,这一结论支持了 Dahlgren 根据 *Disporum* 和 *Streptopus* 植物具花被片蜜腺、无草酸钙结晶、缺乏周缘细胞等特征将其从天门冬目 Asparagales 的铃兰科 Convallariaceae 的黄精族中分出移入百合目的 Uvulariaceae 中的观点。另外,依据七筋菇属 *Clintonia* 植物的叶表皮(图版Ⅱ:10)和种皮特征难于确定它与其它属的关系。Shinwari(1994)曾根据 *rbc*L 基因序列分析的资料证明黄精族[sensu Engler (Krause, 1930)]不是一单系类群。他认为广义黄精族存在三个大的分枝,其一为 *Maianthemum*, *Smilacina*, *Convallaria*, *Disporopsis* 和 *Polygonatum*; 其二为 *Uvularia* 和 *Disporum*;其三为 *Streptopus*, *Tricyrtis*, *Clintonia* 和 *Prosartes*。

3.2 黄精族与外类群的关系

在黄精族的外类群中,以沿阶草族 trib. Mondoideae 叶表皮特征最为特化,表现为有气孔带结构的形成,在 *Liriope* 属中,表皮细胞表面还有附属物(戴伦凯等,1991)。其它族、属的叶表皮特征(Ⅰd类)也多数与黄精族区别较大,并且邻近细胞有特化的倾向。黄精族植物的种皮特征也与多数外类群有明显差异, 唯有铃兰族的铃兰属的叶表皮形态为Ⅰb类(图版Ⅱ:13)和种皮形态特征为类型Ⅰ(图版Ⅳ:10)与黄精族较为接近。有资料证明铃兰属与广义铃兰族的其它属在形态学(马黎明等,1991)有较大差异并且与这些属分化较早(黄锦岭等,1996), 因而可以推测到铃兰属与黄精族,尤其是与狭义黄精族植物具有较近的系统关系。

3.3 属内种间的关系

3.3.1　黄精属 *Polygonatum* 属内的种间关系

Baker (1875)(cf. 汤彦承,1978)根据叶序将黄精属分为 3 个系,即互叶系、对叶系和轮叶系。因意识到该特征的不确定性,汤彦承(1978)根据有无苞片、叶序类型、花被筒的长度、花被的形状、花药的长短以及子房的形状将该属分为 8 个系。此后 Tamura(1993)根据染色体的基数和花丝的表面特征将本属分为两个组:sect. *Polygonatum* 和 sect. *verticillata*。从本研究的结果可以看出,本属也可分为两大类,这与 Tamura(1993)的观点比较一致,即原互叶系为一类,表现多为叶表皮细胞形状不规则,垂周壁为波曲形或无皱褶但弯曲(图版Ⅰ:1),种皮特征为表面具浅穴状(图版Ⅲ:1, 2);另一类由原轮叶系和对叶系组成,其特征多为细胞形状为长方形或菱形,垂周壁直或无皱褶但弯曲(图版Ⅰ:2, 3),种皮特征为表面具脊状突起或网状结构(图版Ⅲ: 5,7)。此外,孢粉学的证据也支持将黄精属分为两类的看法,第一类其花粉的外壁纹饰多为穿孔型,第二类则主要为网纹型(Rao G Y & Pan K Y, 1994)。但是单从叶表皮特征来看难于将这两部分区分开来,主要是因为叶表皮类型Ⅱ(图版Ⅰ:2)为中间过渡型,在两个组中均有表现。这一现象与黄精属植物在其它性状上的变异规律有类似之处,汤彦承(1978)曾明确指出:黄精族一些种之间如 *P. cirrhifolium*, *P. zanlanscianse* 以及 *P. sibiricum* 形态上的过渡性、地理分布上的重叠性,也是使种间区别趋于复杂的重要原因。Jeffrey (1980)亦认为“将此属以任何满意的方式再分是不可能的”,反映了该属在分类学上确是一个十分困难的类群。

3.3.2　鹿药属 *Smilacina* 属内的种间关系

研究结果显示,*S. stellata*, *S. tubifera* 和 *S. trifolia* 的亲缘关系较近,这和来自形态学和地理学方面的资料是一致的。这几个种的花序和花部特征以及根状茎的形态特点显示出它们是本属中较进化的类群(李恒,1990; Kawano and Iltis, 1963)。

在鹿药属中,只有 *S. fusca* 具无萌发孔的花粉(Takahashi & Shoma,1983),结合其独特的合轴分枝的花序以及与众不同的种皮特征(图版Ⅳ: 1),该种在本属中的系统位置值得进一步研究。

另外,金佛山鹿药 *S. ginfoshanica* 的叶表皮特征(图版Ⅱ: 3)与本属其它种明显不同,但与黄精属某些种如 *P. punctatum*(图版Ⅰ: 3)相近,结合分子生物学方面的证据(*Rpl*16 和 *trn*k 的 RFLP 分析)(吴世安等,待发表),其结果支持汪发缵等(1983)将该种转隶至黄精属的观点。

研究结果还显示保卫细胞的长度在本属的分类中具一定的意义,如细根茎类鹿药一般保卫细胞长度较短。

3.3.3　万寿竹属 *Disporum* 属内的种间关系

Disporum 属是 D. Don 1825 年建立起来的,以后他于 1839 年和 1841 年根据北美 2 个种又建立了 *Prosartes*(cf. Jones, 1951)。Bentham & Hooker(1883)在其系统中将 *Prosartes* 并入 *Disporum*(cf. Jones, 1951)。Jones(1951)在修订北美属 *Disporum* 种类时,将它们组成一个新组,即 sect. *Prosartes*, 而分布在东亚的物种则归隶在 sect. *Eudisporum*。后来 Hara (1985)将该属分为 4 组,即:sect. *Disporum* (约 16 种),sect. *Prosartes*(5 种),sect. *Ovalis* 和 sect. *Paradisporum*。sect. *Ovalis* 仅由一个种 *D. ovalis* 组成,但其分类位置仍有争议。sect. *Paradisporum* 也由一个种 *D. acuminatum* C. H. Wright 组成,但 Hara 同时提到他对 *D.*

acuminatum 了解不够,所得资料仅仅来自于采自缅甸的模式标本。若能从新鲜材料上得到更多的信息,该种可能形成一独立的属(Hara, 1988)。Shinwari *et al*. (1994b)依据 *rbc*L 基因的序列,将 *Prosartes* 恢复为一独立属。Fukuhara & Shinwari(1994)通过对 *Disporum* 植物种皮解剖研究证明了 sect. *Prosartes* 植物具细胞壁较薄的种皮而与 sect. *Disporum* 有显著区别。本文研究结果表明北美种以及亚洲种之间在叶表皮特征上没有多少区别(图版Ⅰ:6, 7),仅在保卫细胞的长度上有所不同,这与 Conover(1991)的结果相一致。但两者在种皮特征上区别明显(图版Ⅳ:2, 3, 4, 5),在一定程度上支持了 Shinwari *et al*.(1994b)将 *Prosartes* 恢复为独立属的观点。

3.3.4 扭柄花属 *Streptopus* 属内的种间关系

该属植物在叶表皮和种皮特征上也表现出明显的一致性,仅 *S*. *simplex* 和 *S*. *obtusatus* 的垂周壁直(图版Ⅰ:10),与其它几种有所区别。此二种的分布区有一定的重叠,在形态上两者也非常近似(汤彦承, 1978),这是否说明两者亲缘关系较近,值得进一步研究。另外,*S*. *ovalis* (Ohwi) Wang et Y. C. Tang 是 Ohwi 1931 年根据朝鲜半岛所采标本(Faurie 271)在万寿竹属下建立起来的, 汤彦承(1978)根据该种花的形状为盘状,花被片基部不为囊状和种子有沟槽以及合点的形状等将其归至扭柄花属, 而 Hara(1988)认为本种具顶生花序、较长的花丝,较少光滑的卵形种子与 *Disporum* sect. *Disporum* 植物相似,而仍将其保留在万寿竹属中。根据本研究的结果,该种种皮(图版Ⅳ: 8)和叶表皮的特征(图版Ⅰ: 9)与扭柄花属其它种有明显的相似性(图版Ⅰ:8. 图版Ⅳ: 9),而与 *Disporum* 属植物的叶表皮和种皮特征无共同特点, 因而,支持汤彦承(1978)的观点,将其保留在扭柄花属中。

3.3.5 竹根七属 *Disporopsis* 属内的种间关系

本属主要特征为近花被筒口部具副花冠,可与相近的黄精属区别。该属植物主要分布于我国长江流域及南方诸省; 越南、老挝、泰国和菲律宾也有分布。本属种间的主要区别在于根状茎形态以及副花冠裂片与花被裂片互生还是对生。从核型上来看,该属的染色体数目为 2n = 40(金佛山竹根七未包括在内,其染色体数目也为 2n = 40,待发表),且具简单染色中心型的间期核以及中间型的有丝分裂前期核, 因而,该属种之间的亲缘关系较近(Gu *et al*., 1990)。另外,金佛山竹根七与散斑竹根七之间的区别为前者植株矮小(高一般超过 10 cm);常具 2 枚对生叶片(偶有 1 ~ 3 枚);独花,顶生;花被片不具黑色斑点, 副花冠裂片卵形,先端不裂(刘正宇,1987)。但在两者之间可以看到过渡类型的存在,如在云南无量山(邱炳云,53801,PE)所采的散斑竹根七标本,特点为植株稍高,叶数 3 ~ 5 枚,叶形与金佛山竹根七十分相似; 另外,在我们引种栽培的金佛山竹根七中也可以看到具 3 ~ 4 片叶的植株。从叶表皮和种皮特征上看,两者有一定的相似性,但也有所差异,不能排除金佛山竹根七是散斑竹根七的一种极端类型的可能。

致谢 实验中得到中国科学院植物研究所肖荫厚高级工程师的帮助, 在研究过程中得到中国科学院植物研究所(PE)、中国科学院昆明植物研究所(KUN)、中国科学院西北植物研究所(WUK)等单位标本馆的帮助, 作者一并致以诚挚的谢意。

参 考 文 献

Baronova M A, 1987. Historical development of the present classification of morphological type of stomatas. Bot Rev,

53(1): 53 ~ 79

Conover M, 1991. Epidermal patterns of the reticulate-veined Liliiflorae and their parallel-veined allies. Bot J Linn Soc, 107:295 ~ 312

Conran J G, 1987. A phenetic study of the relationships of *Drymophila* R. Br. within the reticulate-veined Liliiflorae. Aust J Bot, 35: 283 ~ 300

Dahlgren R, Yeo P F, 1985. The Families of monocotyledons, Structure, Evolution, and Taxonomy. London: Academic Press

Dai L-K(戴伦凯), Liang S-Y(梁松筠), 1991. Epidermal features of leaves and their taxonomic significance in subfamily *Ophiopogonoideae* (Liliaceae). Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 29(4):335 ~ 346

Dilcher D L, 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. Bot Rev, 40: 1 ~ 157

Duvall M R, Learn G H, Eguiarte L E *et al*., 1993. Phylogenetic analysis of *rbc*L sequences identifies *Acorus calamus* as the primal extant monocotyledon. Proc Natl Acad Sci USA, 90:4641 ~ 4644

Fuduhara T, Shinwari Z K, 1994. Seed-coat anatomy in Uvulariaceae (Liliales) of the Northern Hemisphere: Systematic implications. Acta Phytotax Geobot, 45(1): 1 ~ 14

Gu Zh, Yang Q, Kondo K, 1990. A karyomorphological study on *Disporopsis* Hance in China. La Kromosomo Ⅱ-57:1916 ~ 1925

Hara H, 1987. Notes toward a revision of the asiatic species of the genus *Smilacina*. J Fac Sci Univ Tokyo Ⅲ, 14: 137 ~ 159

Hara H, 1988. A revision of the asiatic species of the genus *Disporum* (Liliaceae). In: Ohba H, Malla S B. The Himalayan Plants. Vol Ⅰ. Tokyo: University of Tokyo Press. 163 ~ 209

Huang J-L(黄锦岭), Zou Y-P(邹喻苹), Zhang Zh-X (张志宪) *et al*., 1996. PCR-RFLP analysis of *rbc*L gene in the tribe Convallarieae. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 34(5):531 ~ 537

Hutchinson J, 1973. The Families of Flowering Plants, Arranged According to a New System Based on Their Probable Phylogeny. 3rd ed. Vol Ⅱ. Monocotyledons. Oxford: Clarendon Press

Jeffrey C, 1980. The genus *Polygonatum* in Eastern Asia. Kew Bull, 34(3): 435 ~ 471

Jones Q, 1951. A cytotaxonomic study of the genus *Disporum* in North America. Contr Gray Herb, 173: 1 ~ 40

Kawano S, Iltis H H, 1963. Cytotaxonomy of the genus *Smilacina* (Liliaceae). Ⅰ. Karyotype analysis of some eastern North American species. Chromosoma, 14: 296 ~ 309

Krause K, 1930. Liliaceae. In: Engler A, Pantle K. Die Naturlichen Pflanzenfamilien. 2 Auflage 15a Band. Leipzig: Verlag von Wihelm Engelmann. 227 ~ 336

LaFrankie J V, 1986. Transfer of the species of *Smilacina* to *Maianthemum* (Liliaceae). Taxon, 35: 584 ~ 589

Li H(李恒), 1990. Infrageneric system of the genus *Maianthemum*. Acta Bot Yunnan, Suppl. Ⅲ(云南植物研究,增刊Ⅲ): 1 ~ 12

Liu Z-Y(刘正宇), 1987. A new species of *Disporopsis* (Liliaceae) from Shichuan. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 25(1):67 ~ 68

Ma L-M(马黎明), Hong D-Y(洪德元), 1990. Pollen morphology and epidermal characters of leaves in *Convallarieae(s. l.)*. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 28(3): 228 ~ 236

Payne W W, 1979. Stomatal pattern in embryophytes: their evolution, ontogeny and classification. Taxon, 29: 117 ~ 132

Rao G Y, Pan K Y, 1994. Pollen morphology of the tribe Polygonateae and its systematic significance. Cathaya, 6: 75 ~ 91

Shinwari Z K, Kato H, Terauchi R *et al*., 1994a. Phylogenetic relationships among genera in the *Liliaceae-Asparagoideae-Polygonatae* s.l. inferred from *rbc*L gene sequence data. Pl Syst Evol, 182:263 ~ 277

Shinwari Z K, Terauchi R, Utech F H *et al*., 1994b. Recognition of the New World *Disporum* Section *Prosartes* as *Prosartes (Liliaceae)* based on the sequence data of the *rbc*L gene. Taxon, 43: 353 ~ 366

Stace C A, 1984. The taxonomic importance of the leaf surface. In: Heywood V H, Moore D M. Current concepts in Plant Taxonomy. London: Academic Press. 67 ~ 93

Stebbins G L, Khush G S, 1961. Variation in the organization of the stomatal complex in the leaf epidermis of monocotyledons and its bearing on their phylogeny. Amer J Bot, 48(1): 51 ~ 56

Stuessy T F, 1990. Plant Taxonomy: The Systematic Evaluation of Comparative Data. New York: Columbia University Press. 218 ~ 232

Takahashi M, Sohma K, 1983. Pollen morphology of the genus *Smilacina* (Liliaceae). Sci Rep Tohoku Univ 4th ser (Biology), 38:191 ~ 218

Takhtajan A, 1980. Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). Bot Rev, 46:225 ~ 359

Takhtajan A, 1987. Systema Magnoliophytorum. Leninopli: Officina editoria《Nauka》

Tamura M N, 1993. Biosystematic studies on the genus *Polygonatum* (Liliaceae) Ⅲ. Morphology of staminal filaments and karyology of eleven Eurasian species. Bot Jahrb Syst, 115(1):1 ~ 26

Tamura M N, Schwarzbach A E, Kruse S *et al*., 1997. Biosystematic studies on the genus *Polygonatum* (Convallariaceae) Ⅳ. Molecular phylogenetic analysis based on restriction site mapping of the chloroplast gene *trn*K. Feddes Repert, 108(3 ~ 4): 159 ~ 168

Tang Y-C (汤彦承), 1978. *Polygonatae*. In: Wang F T(汪发缵), Tang T(唐进). Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Tomus 15. Beijing: Science Press. 26 ~ 87

Wang F-T(汪发缵), Tang T(唐进), Liang S-Y(梁松筠), 1983. Notes on Chinese Liliaceae Ⅹ. Acta Bot Yunnan(云南植物研究), 15(3): 261 ~ 263

Wilkinson H P, 1979. The plant surface (mainly leaf). In: Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons. 2nd ed. Vol 1. Oxford: Clarendon Press. 97 ~ 165

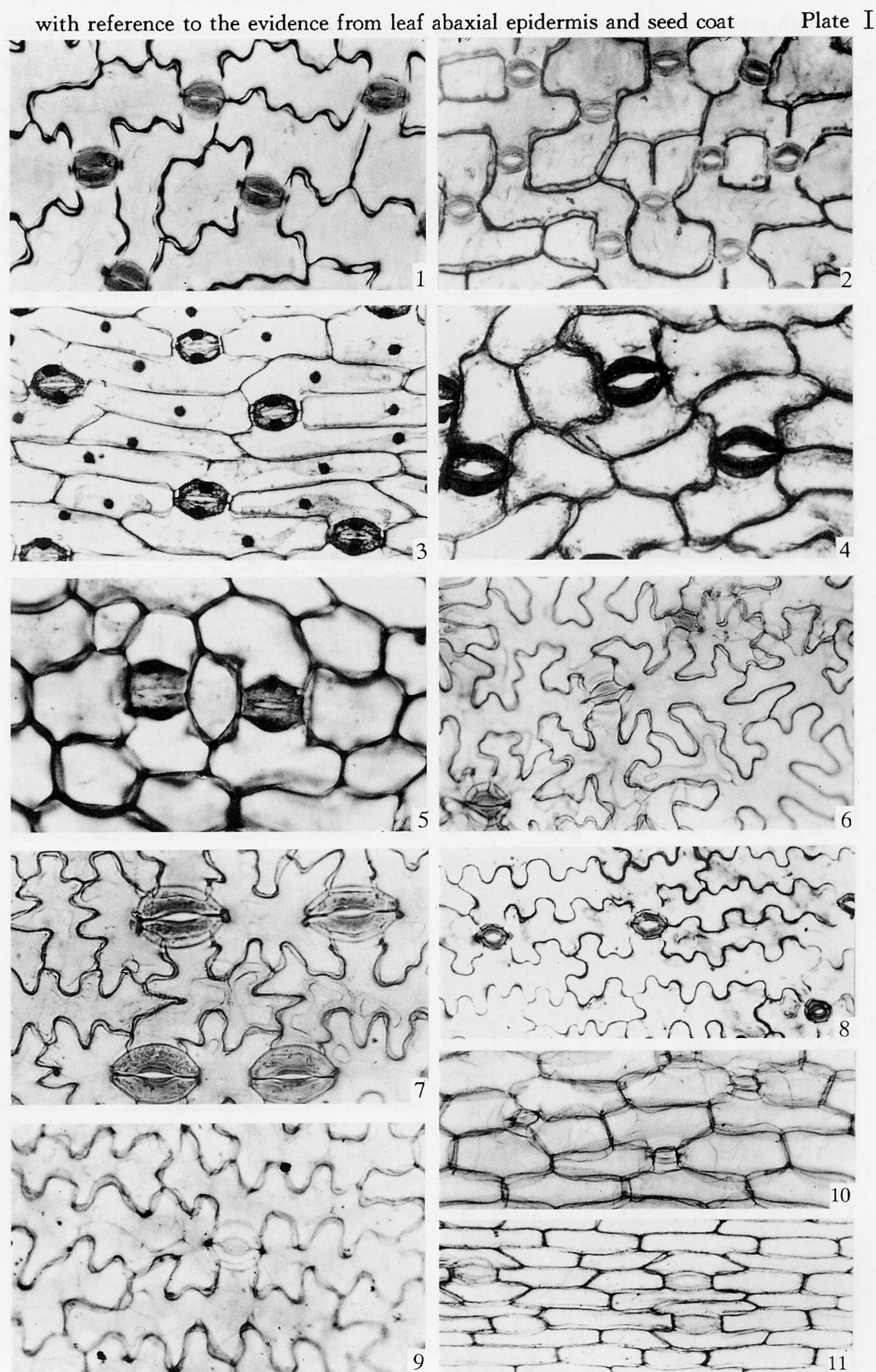
图版说明 Explanation of plates

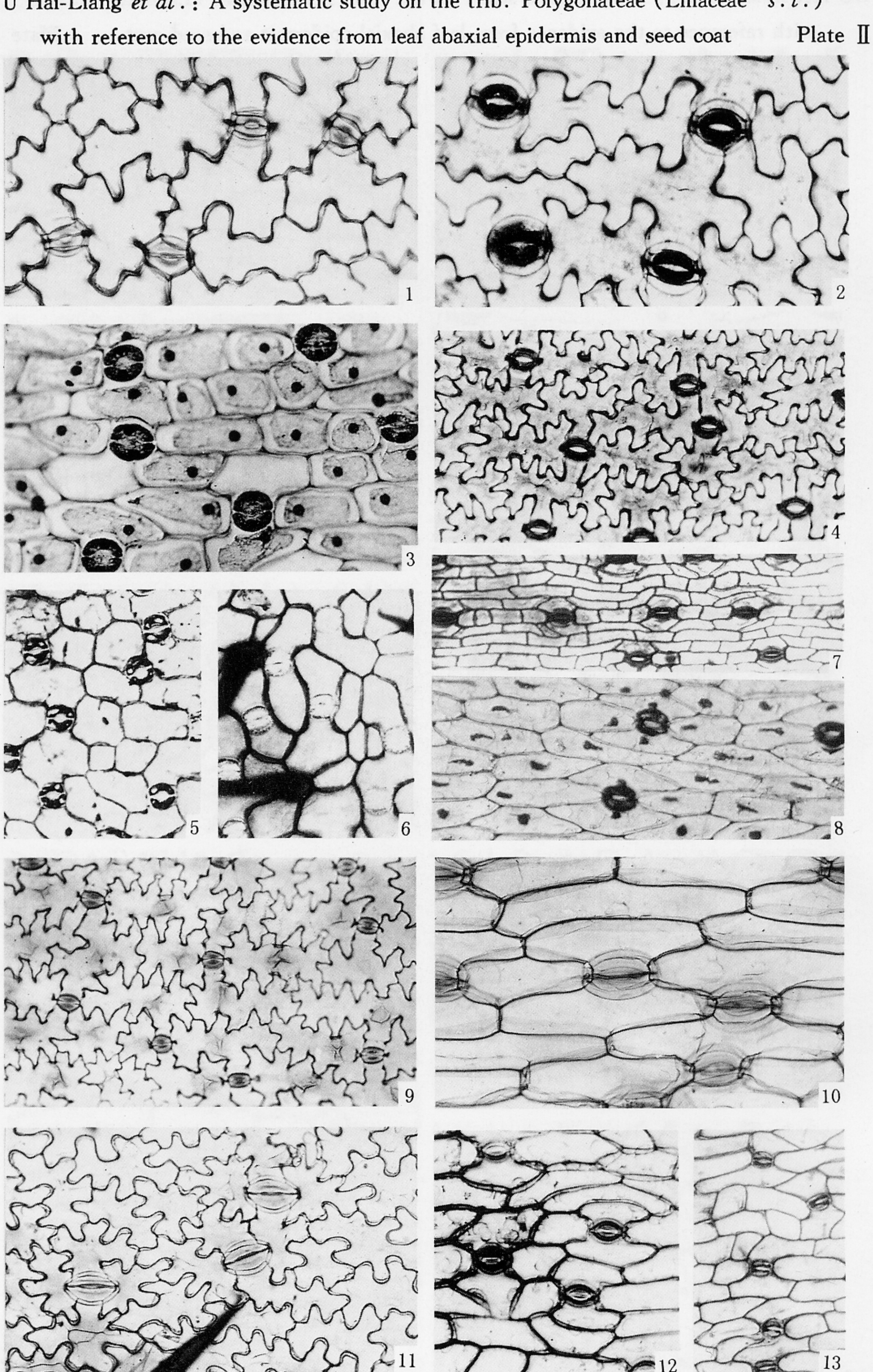
Plate Ⅰ The leaf abaxial epidermal features of Polygonateae and its related genera under LM 1. *Polygonatum acuminatifolium*; 2. *P. kingianum*; 3. *P. punctatum*; 4. *Disporopsis pernyi*; 5. *D. jinfushanensis*; 6. *Disporum smithii*; 7. *D. cantoniense*; 8. *Streptopus koreanus*; 9. *S. ovalis*; 10. *S. obtusatus*; 11. *Reineckia carnea*. (1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11. ×200; 2, 3, 8. ×130)

Plate Ⅱ The leaf abaxial epidermal features of Polygonateae and its related genera under LM 1. *Maianthemum bifolium*; 2. *Smilacina henryi*; 3 *S. ginfoshanica*; 4. *S. japonica*; 5. *S. tubifera*; 6. *S. stellata*; 7. *Acorus calamus*; 8. *Aspidistra hainanensis*; 9. *Uvularia sessilifolia*; 10. *Clintonia udensis*; 11. *Tricyrtis bakeri*; 12. *Tupistra chinensis*; 13. *Convallaria majalis*. (1, 2, 3. ×200; 4, 9, 10, 11, 12. ×100; 5, 6. ×130; 7, 8. ×180; 13. ×66)

Plate Ⅲ The seed coat morphological features of Polygonateae and its related genera under SEM 1. *Polygonatum cyrtonema*; 2. *P. biflorum*; 3. *P. gracile*; 4. *P. curvistylum*; 5. *P. hookeri*; 6. *P. punctatum*; 7. *P. verticillatum*; 8. *Disporopsis fuscopicta*; 9. *D. longifolia*; 10. *Maianthemum bifolium*; 11. *Smilacina henryi*; 12. *S. tubifera*; 13. *S. oleracea*; 14. *S. stellata*; 15. *S. japonica*. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15. ×300; 9, 11, 12, 13, 14. ×60; 10. ×120)

Plate Ⅳ The seed coat morphological features of Polygonateae and its related genera under SEM 1. *Smilacina fusca*; 2. *Disporum sessile*; 3. *D. bodinieri*; 4. *D. trabertulatum*; 5. *D. smithii*; 6. *Streptopus parviflorus*; 7. *S. streptopoides*; 8. *S. ovalis*; 9. *S. roseus* var. *perspectus*; 10. *Convallaria majalis*; 11. *Tupistra chinensis*; 12. *Tricyrtis bakeri*; 13. *Liriope spicata*; 14. *Ophiopogon japonicus*; 15. *Peliosanthes macrostegia*. (1, 5, 7, 10, 11, 13, 14. ×300; 2, 3, 6. ×60; 4, 12. ×120; 15. ×150; 8, 9. ×12)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



See explanation at the end of text

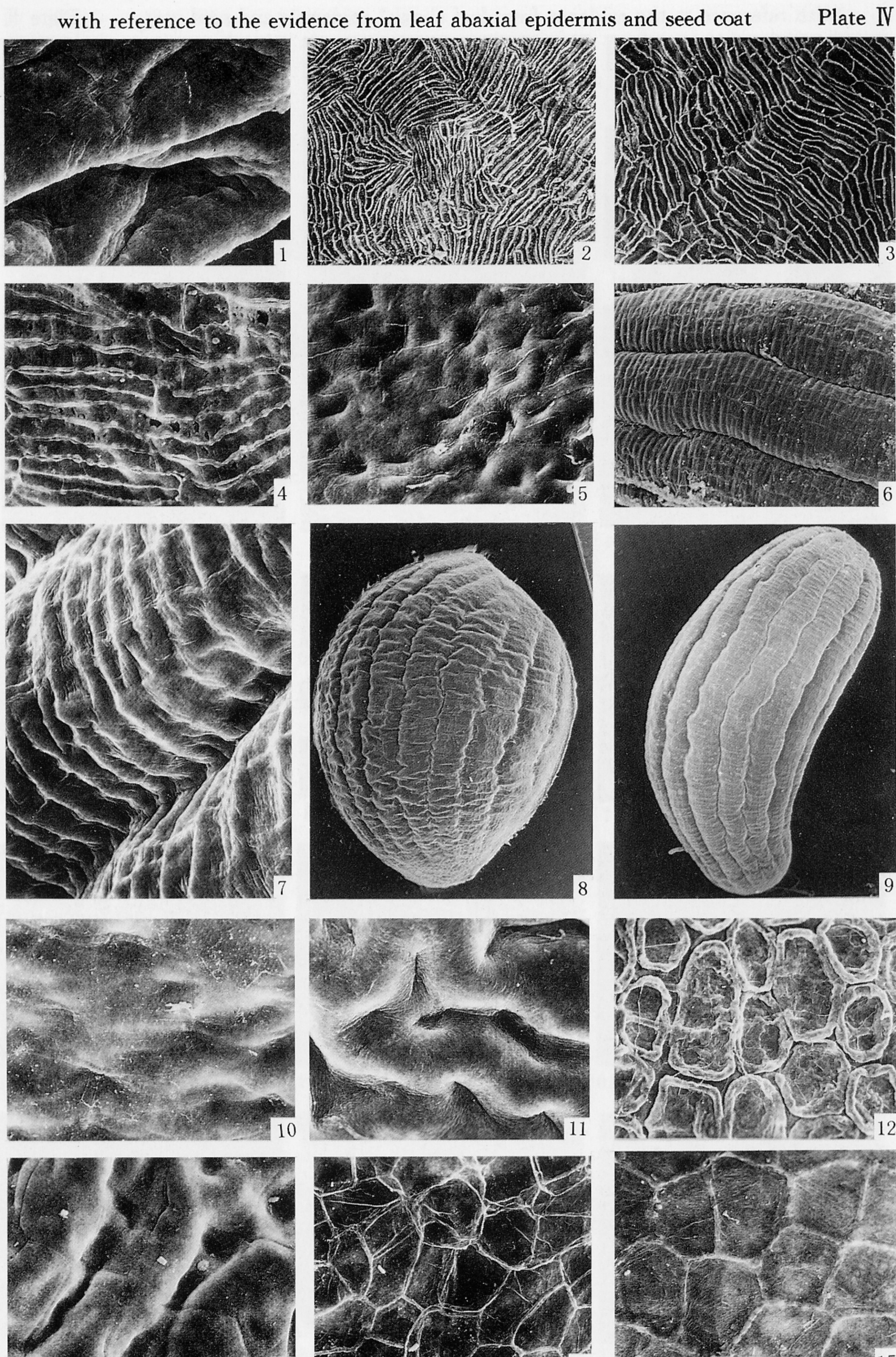
1 2 3

4 5 6

7 8 9

10 11 12

13 14 15


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15